桑树茎叶饲料对肉兔生产性能和肉品质的影响[1]

陈惠娜[1,2] 郭志强[1*] 郭春华[2*] 雷 岷[1] 任永军[1] 李丛艳[1] 谢晓红[1]

（1.四川省畜牧科学研究院，成都 610066；2.西南民族大学生命科学与技术学院，成都 610065）

摘 要：本试验旨在研究桑树茎叶饲料对肉兔生产性能和肌肉品质的影响。采用单因素试验设计，选择35日龄健康、体重接近的新西兰肉兔144只，随机分为4组（每组6个重复，每个重复6只），分别饲喂桑树茎叶饲料添加量为0（对照组）、8%、16%、24%的试验饲粮。预试期为7 d，正试期为42 d。结果显示：24%组平均日增重显著低于对照组（P<0.05）、料重比显著高于对照组（P<0.05）；16%、24%组背肌和腿肌45 min时的红绿度（a*）值和24 h时的pH显著高于对照组（P<0.05）；16%、24%组背肌和腿肌的滴水损失率显著低于对照组（P<0.05）；16%、24%组背肌和腿肌中肌苷酸含量显著高于对照组（P<0.05）；16%、24%组背肌中亚麻酸、腿肌中棕榈酸和亚麻酸含量显著高于对照组（P<0.05）。由此得出，饲粮中桑树茎叶饲料的添加量不超过16%时对肉兔的生产性能无显著影响，同时能提高肌肉中风味物质的含量，改善肉品质。

关键词：桑树茎叶饲料；肉兔；生产性能；肉品质；营养成分

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

桑树茎叶饲料是近年来培育出的饲料用桑树新品种，具有较强的区域适应性和抗逆性。据测定，桑叶的营养价值与苜蓿草粉营养价值相似，属高蛋白质、高矿物质饲料原料，富含氨基酸、多种微量元素和维生素，以及多种天然活性物质及其衍生物，如异槲皮苷、1-脱氧野尻霉素等[1]，可开发利用作为新型饲料资源。研究发现，桑树茎叶饲料替代阉羊饲粮中苜蓿后，粗蛋白质消化率接近苜蓿饲粮[2]，在牛的试验中也得到相同的结果，且添加桑树茎叶饲料不影响瘤胃液 pH，可以更好的控制胃氮平衡[3]；猪饲粮中添加桑树茎叶饲料可以改善其生产性能，饲喂效果好于野芋和蛇瓜；鸡饲粮中添加桑树茎叶饲料可以提高采食量与饲料转化率[4]。桑树茎叶饲料在改善畜禽肉品质方面效果显著：桑树茎叶饲料富含多种不饱和脂肪酸，Jeon等[5]报道，在肉牛饲粮中添加青贮桑叶能够增加牛肉中脂肪酸含量；李有贵等[6]和杨静等[7]的研究指出，在猪饲粮中添加10%~15%桑叶粉，可提高肌肉脂肪含量；兰翠英等[8]报道，在肉鸡饲粮中添加8%、11%的桑叶粉均能增加肌内不饱和脂肪酸含量。虽然国内外对桑叶的研究取得了一定的进展，但是研究多以将桑叶作为牛、羊、猪和鸡的饲料原料源为主，在肉兔方面的试验研究较少

收稿日期：2015-07-27

基金项目：公益性行业（农业）科研专项经费（201403049）；国家兔产业技术体系（CARS-44-B-4）；四川省育种攻关项目（2011NZ0099-40）；肉兔标准化养殖关键技术集成示范与推广应用（2014四川省农业科技成果转化）

作者简介：陈惠娜（1988-），女，海南安定人，硕士研究生，研究方向为单胃动物营养学。E-mail: 386780028@qq.com

*通信作者：郭志强，助理研究员，E-mail: ygzhiq@126.com；郭春华，教授，硕士生导师，E-mail: 53189381@qq.com

见。本试验拟在在生长肉兔饲粮中添加不同水平的桑树茎叶饲料，旨在探索桑树茎叶饲料对生长肉兔生产性能和肉品质的影响，为合理利用桑树茎叶饲料资源，降低生产成本和提高经济效益提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

桑树茎叶饲料由西南大学提供，是于生长旺盛期刈割茎叶，烘干粉碎后制得到。桑树茎叶饲料主要营养指标为：干物质 89.82%、粗蛋白质 14.50%、粗纤维素 32.11%、中性洗涤纤维 40.82%、粗脂肪 1.32%；试验动物为 144 只新西兰生长肉兔（公母各占 1/2），由四川省畜牧科学研究院肉兔研究所提供，并于 2014 年 6 月 15 日至 2014 年 9 月 10 日在其肉兔科研基地进行试验。

1.2 试验设计

将 144 只 35 日龄、健康、发育良好、平均体重为（700±10） g 的新西兰生长肉兔按照公母各占 1/2、体重接近原则，分为 4 组（每组 6 个重复，每个重复 6 只），根据饲粮中桑树茎叶饲料添加量的不同，分别命名为未添加组（对照组）、8%组、16%组、24%组。预试期为 7 d，正试期为 42 d。试验结束后，每个重复随机选择 1 只（每组 6 只）试验兔进行屠宰，然后进行生产性能、肉质指标测定。

1.3 试验饲粮及饲养管理

参考文献[9]中推荐的营养水平和结合本地饲料资源进行设计饲粮配方，各组饲粮营养水平基本一致，饲粮制成颗粒饲料。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

试验前对肉兔兔舍进行彻底冲洗和严格消毒。试验期分为预饲期和正饲期。试验期间日喂食 2 次，即早 8:00 和晚 18:00。每周称一次兔体重和饲料重。饲养管理和免疫程序采用常规方法，自然采光、通风。自由采食，自由饮水。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group
原料 Ingredients				
苜蓿 Alfalfa	30.00	20.50	12.00	3.00
玉米 Corn	23.00	24.00	24.30	25.10
小麦麸 Wheat bran	22.80	22.90	23.70	23.80
桑树茎叶饲料 Stem and leaf feed of mulberry		8.00	16.00	24.00
豆粕 Soybean meal	10.20	10.30	10.10	10.10

菜籽粕 Rapeseed meal	6.00	6.00	6.00	6.00
米糠 Rice bran	4.40	4.70	4.30	4.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.70	0.70	0.70	0.70
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00
石粉 Limestone	1.10	1.10	1.10	1.10
赖氨酸 Lysine （98%）	0.20	0.20	0.20	0.20
蛋氨酸 Methionine	0.10	0.10	0.10	0.10
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50
营养水平 Nutrient levels[2)]				
消化能 Digestive energy/(MJ/kg)	10.90	10.92	10.91	10.93
粗蛋白质 Crude protein	16.14	16.13	16.14	16.21
粗纤维 Crude fiber	14.21	14.18	14.19	14.21
钙 Calcium	1.04	1.06	1.08	1.10
总磷 Total phosphorus	0.72	0.73	0.74	0.75
赖氨酸 Lysine	0.85	0.83	0.82	0.50
蛋氨酸+半胱氨酸 Methionine+cystine	0.60	0.62	0.63	0.64

[1)] 预混料可为每千克饲粮提供The premix provided the following per kg diets：Fe 100 mg，Cu 20 mg，Zn 90 mg，Mn 30 mg，Mg 150 mg，VA 4 000 IU，VD_3 1 000 IU，VE 50 mg，胆碱 choline 1 mg。

[2)]消化能、赖氨酸和蛋氨酸+半胱氨酸为计算值，其余为实测值。DE, lysine and methionine+cysteine were calculated values, while the others were measured values.

1.3.1　生产性能

每周早晨空腹称重肉兔，并记录其每周采食量、初始体重、终末体重、全期耗料量，并计算平均日增重、平均日采食量和料重比。

1.3.2　肌肉 pH、肉色指标[红绿度（a*）、蓝黄度（b*）、亮度（L*）值]及滴水损失率测定

试验兔屠宰后，用手术刀发别取下 3 cm×4 cm 大小的兔左侧背最长肌、股二头肌，用于滴水损失和 45 min、24 h pH 及 a*、b*、L*值的测定。pH 采用便携式精密 pH-3B 型酸度计测定，滴水损失率采用 4 ℃吊袋法测定，肉色指标用 Opto-STAR 肉色测定仪测定。

1.3.3　兔肉营养成分的测定

试验兔屠宰后，用手术刀分别取下 3 cm×4 cm 大小的兔右侧背最长肌、股二头肌，绞肉机绞碎后装

入封口袋，4 ℃保存备测。肌肉中水分、粗蛋白质、粗脂肪和脂肪酸含量按照张丽英[10]的方法测定，肌苷酸含量参考温泉等[11]的方法测定。

1.4 数据处理与分析

试验数据以平均值±标准差表示，采用 SPSS 18.0 统计软件进行单因素方差分析，Duncan 氏法多重比较检验，显著水平为 $P<0.05$。

2 结 果

2.1 桑树茎叶饲料对肉兔生产性能的影响

由表 2 可知，肉兔的平均日增重随着桑树茎叶饲料添加量的增加呈下降趋势，且 24%组的平均日增重显著低于对照组（$P<0.05$）；桑树茎叶饲料对肉兔的平均日采食量无显著影响（$P>0.05$）；肉兔的料重比随着桑树茎叶饲料添加量的增加逐渐升高，且 24%组的料重比显著高于对照组（$P<0.05$），8%和 16%组的料重比与对照组差异不显著（$P>0.05$）。

表 2 桑树茎叶饲料对肉兔生产性能的影响

Table 2 Effects of stem and leaf feed of mulberry on performance of meat rabbits

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
初始体重 Initial body weight/g	708.00±10.33	706.33±13.68	705.50±13.40	707.00±9.82	0.986
终末体重 Final body weight/g	2 064.50±55.65^{a}	2 042.00±49.25^{a}	2 012.12±33.61^{ab}	1 959.86±60.41^{b}	0.011
总增重 Total gain/g	1 356.50±54.82^{a}	1 335.67±45.29^{a}	1 306.62±29.30^{ab}	1 252.86±56.31^{b}	0.007
平均日增重 Average daily gain/g	32.30±1.31^{a}	31.80±1.08^{a}	31.11±0.70^{ab}	29.83±1.34^{b}	0.007
平均日采食量 Average daily feed intake/g	107.47±3.73	108.62±3.45	108.30±2.30	109.65±4.83	0.784
料重比 Feed/gain	3.33±0.14^{b}	3.42±0.11^{b}	3.48±0.06^{ab}	3.69±0.12^{a}	0.012

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

Values in the same row with different letter superscripts differ significantly ($P<0.05$). The same as below.

2.2 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉品质性状的影响

由表 3、4 可知，16%、24%组肉兔背肌和腿肌 45 min 时的 a*值显著高于对照组（*P*<0.05），8%组 45 min 时的 a*值与对照组差异不显著（*P*>0.05）；桑树茎叶饲料对背肌、腿肌 24 h 时肉色指标和 45 min 时 pH 无显著影响（*P*>0.05），但随着桑树茎叶饲料添加量的增加，上述指标均逐渐升高；16%、24%组肉兔背肌、腿肌 24 h 时 pH 显著高于对照组（*P*<0.05）；16%、24%组肉兔背肌、腿肌滴水损失率显著低于对照组（*P*<0.05）。

表 3　桑树茎叶饲料对肉兔背肌品质性状的影响

Table 3　Effects of stem and leaf feed of mulberry on quality traits of back muscle of meat rabbits

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
45 min 时肉色指标 Meat colour indices at 45 min					
红绿度 a*	1.89±0.09^{b}	1.95±0.11^{b}	2.34±0.17^{a}	2.43±0.10^{a}	＜0.001
黄蓝度 b*	1.57±0.11	1.64±0.19	1.76±0.11	1.67±0.12	0.168
亮度 L*	36.59±1.27	36.77±0.90	36.92±1.39	37.20±1.43	0.861
24 h 时肉色指标 Meat colour indices at 24 h					
红绿度 a*	1.89±0.19	1.91±0.24	1.98±0.19	2.08±0.21	0.433
黄蓝度 b*	1.83±0.16	1.90±0.19	2.04±0.18	2.07±0.15	0.083
亮度 L*	42.70±0.69	42.97±1.25	43.40±1.08	43.60±0.53	0.358
45 min 时 pH $pH_{45\ min}$	6.75±0.20	6.77±0.17	6.78±0.22	6.76±0.23	0.991
24 h 时 pH $pH_{24\ h}$	5.73±0.13^{b}	5.86±0.12^{ab}	5.92±0.12^{a}	5.97±0.08^{a}	0.011
滴水损失率 Drip loss rate/%	2.69±0.11^{a}	2.51±0.12^{a}	2.29±0.16^{b}	2.28±0.18^{b}	＜0.001

表 4　桑树茎叶饲料对肉兔腿肌品质性状的影响

Table 4　Effects of stem and leaf feed of mulberry on quality traits of leg muscle of meat rabbits

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
45 min 时肉色指标 Meat colour indices at 45 min					
红绿度 a*	2.86±0.15^{c}	3.21±0.15^{b}	3.45±0.13^{a}	3.48±0.14^{a}	<0.001

黄蓝度 b*	1.82±0.16	1.89±0.19	1.93±0.15	2.01±0.14	0.253
亮度 L*	44.43±0.96	45.24±1.14	44.67±0.40	45.06±0.07	0.059
24 h 时肉色指标 Meat colour indices at 24 h					
红绿度 a*	2.98±0.16	2.91±0.34	3.06±0.12	2.97±0.15	0.082
黄蓝度 b*	2.04±0.11	1.97±0.11	2.12±0.09	2.01±0.12	0.151
亮度 L*	48.65±0.78	49.21±1.31	50.14±1.06	48.97±0.72	0.089
45 min 时 pH $pH_{45\ min}$	6.84±0.14	6.89±0.11	6.83±0.12	6.90±0.10	0.678
24 h 时 pH $pH_{24\ h}$	5.84±0.08^{b}	5.92±0.09^{ab}	5.97±0.10^{ab}	6.04±0.11^{a}	0.013
滴水损失率 Drip loss rate/%	3.19±0.07^{a}	3.01±0.10^{ab}	2.89±0.14^{b}	2.85±0.18^{b}	0.001

2.3 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉营养成分的影响

由表 5 可知，桑树茎叶饲料对肉兔背肌、腿肌中水分、粗蛋白质和粗脂肪含量无显著影响（P>0.05），但粗蛋白质含量随着桑树茎叶饲料添加量的增加呈上升趋势，粗脂肪含量呈下降趋势；桑树茎叶饲料能显著提高肉兔背肌、腿肌中风味物质——肌苷酸的含量（P<0.05），16%、24%组背肌、腿肌中肌苷酸含量显著高于对照组（P<0.05），8%组与对照组差异不显著（P>0.05）。

表 5　桑树茎叶饲料对肉兔肌肉营养成分的影响

Table 5　Effects of stem and leaf feed of mulberry on muscle nutritional composition of meat rabbits

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
背肌 Back muscle					
水分 Mositure/%	75.20±0.24	75.10±0.25	75.27±0.31	75.14±0.20	0.682
粗蛋白质 Crude protein/%	22.23±0.16	22.27±0.20	22.29±0.21	22.34±0.22	0.820
粗脂肪 Crude fat/%	1.66±0.12	1.60±0.15	1.63±0.13	1.56±0.12	0.596
肌苷酸 Inosinic acid/(mg/g)	1.20±0.13^{b}	1.39±0.15^{b}	1.63±0.15^{a}	1.74±0.17^{a}	<0.001
腿肌 Leg muscle					
水分 Mositure/%	76.41±0.16	76.35±0.14	76.28±0.09	76.24±0.17	0.198
粗蛋白质 Crude protein/%	20.89±0.20	21.10±0.17	21.13±0.14	21.15±0.15	0.220
粗脂肪 Crude fat/%	1.70±0.13	1.65±0.15	1.652±0.15	1.59±0.16	0.587
肌苷酸 Inosinic acid/(mg/g)	1.02±0.13^{c}	1.13±0.13^{bc}	1.25±0.14^{ab}	1.33±0.17^{a}	0.006

2.4 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉脂肪酸含量的影响

由表 6、表 7 可知，16%、24%组背肌不饱和脂肪酸中的亚麻酸含量显著高于对照组（$P<0.05$）；16%、24%组腿肌饱和脂肪酸中的棕榈酸及不饱和脂肪酸中的亚麻酸含量均显著高于对照组（$P<0.05$）。

表 6　桑树茎叶饲料对肉兔背肌脂肪酸组成的影响

Table 6　Effects of stem and leaf feed of mulberry on fatty acid composition of back muscle of meat rabbits %

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
豆蔻酸 Myristic acid	2.70±0.17	2.51±0.17	2.45±0.32	2.60±0.27	0.316
棕榈酸 Palmitic acid	33.01±3.05	32.45±2.74	30.98±2.29	29.60±3.01	0.178
硬脂酸 Stearic acid	10.50±1.87	8.98±1.50	9.60±2.36	9.57±2.21	0.630
棕榈烯酸 Palmitoleic acid	3.20±1.18	2.91±1.68	2.45±1.27	2.61±1.44	0.801
油酸 Oleic acid	18.80±2.75	19.24±2.29	19.68±3.18	22.10±3.00	0.212
亚油酸 Linoleic acid	22.51±2.61	23.36±2.76	23.90±2.83	24.12±2.69	0.745
亚麻酸 Linolenic acid	$3.11±1.03^{c}$	$3.62±0.90^{bc}$	$4.56±1.08^{ab}$	$5.05±1.24^{a}$	0.021
其他脂肪酸 Other fatty acids	$5.99±1.14^{a}$	$6.93±1.36^{a}$	$6.31±1.70^{a}$	$3.86±1.05^{b}$	0.004

表 7　桑树茎叶饲料对肉兔腿肌脂肪酸组成的影响

Table 7　Effects of stem and leaf feed of mulberry on fatty acid composition of leg muscle of meat rabbits %

项目 Items	对照组 Control group	8%组 8% group	16%组 16% group	24%组 24% group	*P* 值 *P*-value
豆蔻酸 Myristic acid	2.57±0.46	2.81±0.22	2.83±0.24	2.35±0.54	0.142
棕榈酸 Palmitic acid	$35.02±1.92^{a}$	$31.83±2.18^{b}$	$31.69±2.73^{b}$	$29.52±2.21^{b}$	0.005
硬脂酸 Stearic acid	10.48±1.72	8.77±1.39	9.25±1.71	10.83±1.65	0.120
棕榈烯酸 Palmitoleic acid	2.62±0.11	2.53±1.19	2.76±1.32	2.32±1.04	0.930
油酸 Oleic acid	21.33±2.21	23.68±2.42	23.12±1.12	23.78±2.35	0.187
亚油酸 Linoleic acid	20.39±1.14	21.63±1.70	21.31±2.11	22.22±1.39	0.294
亚麻酸 Llinolenic acid	$3.50±0.63^{b}$	$3.98±0.12^{ab}$	$4.40±0.68^{a}$	$4.78±0.93^{a}$	0.019
其他脂肪 Other fatty acids	5.48±1.43	4.61±1.37	4.46±1.35	4.02±1.25	0.327

3 讨 论

3.1 桑树茎叶饲料对肉兔生产性能的影响

本试验结果表明，在饲粮中添加桑树茎叶饲料对肉兔平均日采食量无显著影响，但随着桑树茎叶饲料添加量的增加平均日增重呈下降趋势，24%组显著低于对照组，且该组的料重比较对照组显著增加。平均日增重的下降和料重比的增加一方面可能是由于桑树茎叶饲料中含有单宁成分[12]，饲粮的涩度与单宁含量成正比，当单宁含量超过一定量时，影响饲粮的适口性且干扰动物肠道内蛋白质的利用，阻止钙的吸收；另一方面可能是由于收割方式的不同，桑树茎叶饲料除了含有桑叶还含有嫩枝，不容易被肉兔消化吸收。因此，从生产性能来看，桑树茎叶饲料在肉兔饲粮的添加量不宜超过 16%。这与石艳华等[13]报道的以 30%桑叶代替玉米、豆粕饲喂肉兔能显著增重的研究结果相反，与 Prasad 等[14]报道的在生长肉兔饲粮中添加 15%、30%、45%的桑叶使肉兔的生产性能逐渐降低，且对照组和 15%组的生产性能显著高于 30%、45%组的研究结果相似。

3.2 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉品质性状的影响

通过饲养试验发现，桑树茎叶饲料能增强肉兔的肉色。在 45 min 时，16%、24%组的背肌、腿肌 a*值显著高于对照组，其他肉色指标也高于对照组，但差异不显著。这可能是因为桑叶中含有较多的叶黄素，且能被肉兔吸收并在肌肉中沉积有关。但本试验结果与 Martinez 等[15]的报道桑叶能增加肉色红度，降低黄度的结果不一致。

屠宰后肌肉发生僵直，肌肉细胞的无氧化糖酵解开始加剧，乳酸不断产生和积累，使肌肉中的 pH 下降，影响肌肉持水力[16-17]。pH 通过肌肉中蛋白质分子的静电荷效应产生作用。蛋白质分子所带静电荷既是蛋白质分子吸引水分的强有力中心，又能增加蛋白质分子之间的静电斥力，使肌纤维结构松散开，留下容水空间。当肌肉 pH 和蛋白质等电点（pH 5.0~5.4）相接近时，正负电荷基数接近，反应基数降低至最低值，肌肉持水力最低[18]。本试验中，在 45 min 时，各试验组与对照组的背肌、腿肌 pH 不存在显著差异，但在 24 h 时，16%、24%组的背肌、腿肌 pH 显著高于对照组，说明桑树茎叶饲料能延缓肉兔肌肉的糖酵解作用，且 24%组延长时间最长。该结果与李有贵等[6]和杨静等[7]在猪饲粮中添加 10%~15%桑叶可减缓肌肉 pH 下降速度的报道相一致。但桑树茎叶饲料对肌肉的糖酵解作用机制还需进一步研究。

肌肉持水性主要从自由滴水、可榨出水分和系水潜能 3 个方面来衡量，并且是肌肉的营养成分含量、多汁性、肉香味和嫩度等食用质量的影响因素[19-20]。若肌肉的持水性差，则在屠宰后至加工的过程中随贮存时间的延长，肌肉会因失水而失重并降低肌肉品质，造成一定的经济损失。本试验测得的 16%、24%组的背肌、腿肌滴水损失率显著低于对照组，并随着桑树茎叶饲料添加量的增加，肌肉滴水损失率

逐渐减小，说明在肉兔育肥过程中添加桑树茎叶饲料可提高兔肉的持水力，又由于桑树茎叶饲料中含有黄酮类和多糖类天然抗氧化活性成分，从而增加兔肉的抗氧化能力和贮存时间。

3.3 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉营养成分的影响

肌肉主要营养成分为水分、粗蛋白质、粗脂肪，肌肉中的水分含量在 75%左右，分为结合水和自由水，由于肌肉僵直和肌肉成熟过程中的糖酵解使肌肉的 pH 下降，导致自由水的损失，而结合水在肌肉中的含量很少，仅占肌肉水分组成的 10%。本试验测得的各组肉兔肌肉水分含量均在 75%左右，说明桑树茎叶饲料对肉兔肌肉含水量的影响很小。

Parrici 等[21]对丹麦商品猪肉质的研究指出，肌内脂肪含量的增加可以使肉的嫩度和多汁性得到相应改进。Bejerholm 等[22]认为肌内脂肪含量和肉质呈正相关，影响肉的风味和嫩度。本试验结果显示，随着桑树茎叶饲料添加量的增加，肌肉中粗脂肪含量逐渐下降，与兰翠英等[8]报道的在肉鸡饲粮中添加桑叶粉降低了肉鸡肌内脂肪含量的结果相一致，这可能与桑叶中含有的生物酚类活性功能成分降低了肌内甘油三酯含量有关。

肌苷酸是一种芳香族化合物，又称为次黄嘌呤核苷酸。目前，很多国家已经将其作为衡量肉品风味和新鲜程度的重要指标之一。张德祥等[23]研究表明，将水、脂肪混合液进行加热能使肌苷酸和糖蛋白降解产生明显的肉鲜味，肌苷酸对酸味、苦味有抑制作用。本试验结果发现，16%、24%组背肌中肌苷酸含量显著高于对照组；24%组腿肌中肌苷酸含量显著高于对照组。该结果与兰翠英等[8]报道的添加桑叶到肉鸡饲粮中能显著增加肌肉中肌苷酸含量，改善鸡肉风味品质的结果相一致。

3.4 桑树茎叶饲料对肉兔肌肉脂肪酸含量的影响

脂肪酸，是指一端含有 1 个羧基的长脂肪族碳氢链的有机物，根据碳氢链饱和与不饱和可分为饱和脂肪酸、单个不饱和脂肪酸和多个不饱和脂肪。饱和脂肪酸主要为豆蔻酸、棕榈酸、硬脂酸、花生酸和月桂酸等，单不饱和脂肪酸主要是油酸、棕榈油酸、肉豆蔻油酸等，多不饱和脂肪酸主要是亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸等。C12:0、C14:0、C16:0 系的饱和脂肪酸摄入量过高是导致血液中胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白含量升高的主要原因，继发引起动脉管腔狭窄，形成动脉粥样硬化，但张捷莉等[24]研究指出 C15:0、C17:0 系饱和脂肪酸具有很强的抗癌作用。Hernandez 等[25]研究表明，多不饱和脂肪酸具有降低胆固醇的作用，其原理可能是多不饱和脂肪酸能够抑制内源性胆固醇的合成，促进血液中胆固醇的排泄、增加胆固醇的流动性和极性。在营养学上习惯将不饱和脂肪酸分为 ω-3 族、ω-6 族、ω-9 族等不饱和脂肪酸。本试验测定的 ω-3 族不饱和脂肪酸是亚麻酸，ω-6 族不饱和脂肪酸是亚油酸、ω-9 族不饱和脂肪酸是油酸，试验结果显示，在饲粮中添加桑树茎叶饲料能降低肉兔肌肉中饱和脂肪酸含量，提高不饱和脂肪酸含量，且 16%、24%组肉兔肌肉中 ω-3 族不饱和脂肪酸中的亚麻酸含量显著高于对照组，这可能与桑树茎叶饲料中含有能够促进肉兔机体中性或酸性胆固醇排出，抑制肝内脂质及脂蛋白合

成的活性功能成分。该结果与 Martinez 等[15]等报道在饲粮中添加桑叶能提高肉兔肌肉中的不饱和脂肪酸含量，降低饱和脂肪酸含量，尤其增加 ω-3 族和 ω-6 族不饱和脂肪酸含量以及 Jeon 等[3]报道的添加桑叶青贮料到肉牛饲粮中能增加肉牛背最长肌中不饱和脂肪酸含量的结果一致。

4 结 论

饲粮中桑树茎叶饲料添加量不超过 16%时，对生长肉兔的平均日增重、平均日采食量和料重比无显著影响，但能提高屠宰后肉兔肌肉的红度和持水力，降低肌肉中饱和脂肪含量，提高肌肉中多不饱和脂肪酸及风味物质含量。

参考文献：

[1] 欧阳臻,陈钧.桑叶的化学成分及其药理作用研究进展[J].江苏大学学报:自然科学版,2004,24(6):39–44.

[2] KANDYLIS K,HADJIGEORGIOU I,HARIZANIS P.The nutritive value of mulberry leaves (*Morus alba*) as a feed supplement for sheep[J].Tropical Animal Health and Production,2009,41(1):17–24.

[3] HUYEN N T,WANAPAT M,NAVANUKRAW C.Effect of mulberry leaf pellet (MUP) supplementation on rumen fermentation and nutrient digestibility in beef cattle fed on rice straw-based diets[J].Animal Feed Science and Technology,2012,175(1/2):8–15.

[4] LETERME P,BOTERO M,LONDOÑO A M,et al.Nutritive value of tropical tree leaf meals in adult sows[J].Journal of Animal Science,2006,82(2): 175–182.

[5] JEON B T,KIM K H,KIM S J,et al.Effects of mulberry (*Morus alba* L) silage supplementation on the haematological traits and meat compositions of Hanwoo (*Bos taurus coreanae*) steer[J].African Journal of Agricultural Research,2012,7(4):662–668.

[6] 李有贵,张雷,钟石,等.饲粮中添加桑叶对育肥猪生长性能、脂肪代谢和肉品质的影响[J].动物营养学报,2012,24(9):1805–1811.

[7] 杨静,李同洲,曹洪战,等.不同水平饲用桑粉对育肥猪生长性能和肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(7):52–56.

[8] 兰翠英,董国忠,黄先智,等.桑叶粉对肉鸡生长性能和屠宰性能及肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2012,48(13):27–31.

[9] 谷子林,秦应和,任克良.中国养兔学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[11] 温泉,吴铁.采用高效液相色谱法测定猪肉中的呈味核苷酸[J].现代食品科技,2010(1):117-119.

[12] 徐万仁.利用桑叶作为家畜饲料的可行性[J].中国草食动物,2004,24(5):39–41.

[13] 石艳华,杨晓东,马双马,等.桑叶粉替代玉米豆粕饲喂肉兔试验[J].黑龙江畜牧兽医,2007(7):72–73.

[14] PRASAD R,MISRA A K,SANKHYAN S K,et al.Growth performance and caecal fermentation in growing rabbits fed on diets containing graded levels of mulberry (*Morus alba*) leaves[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2003,16(9):1309–1314.

[15] MARTINEZ M,MOTTA W,CERVERA C,et al.Feeding mulberry leaves to fattening rabbits:effects on growth,carcass characteristics and meat quality[J].Journal of Animal Science,2005,80(3):275–280.

[16] LEHNINGER A L,NELSON D L,COX M M.Principles of biochemistry[M].2nd ed.New York:Worth Publishers,1993:736–788.

[17] 周光宏,徐幸莲.肉品学[M].北京:中国农业科技出版社,1999.

[18] 周光宏.畜产品加工学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2011.

[19] NRC.Nutrient requirements of rabbits[S].Washington,D.C.:National Academy of Science,1977:30.

[20] BLASCO A,OUHAYOUN J,MASOERO G.Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research[J].World Rabbit Science,1993,1(1):3–10.

[21] PARRICI A.Eating quality of pork in Denmark[J].Pig Farming,1985,10(Suppl.1):56–57.

[22] BEJERHOLM C,BARTON-GADE P.Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat[C]//Proceedings of the 32nd European meeting of meat research workers.Ghent:Elsevier Press,1986,2:389–391.

[23] 张德祥,杨山.优质鸡育种的肉质问题[J].中国家禽,1998,20(9):1–2.

[24] 张捷莉,李铁纯,李娜,等.两种不同南瓜籽油中脂肪酸的 GC/MS 分析[J].中国油脂,2003,28(2):40–41.

[25] HERNANDEZ T,HERNANDEZ A.Available carbohydrates in alfalfa leaf protein concentrates[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,1994,42(8):1747–1749.

Effects of Stem and Leaf Feed of Mulberry on Performance and Meat Quality of Meat Rabbits

CHEN Huina[1,2] GUO Chunhua[2*] GUO Zhiqiang[1*] LEI Min[1] REN Yongjun[1] LI Congyan[1] XIE Xiaohong[1]

(1. *Sichuan Animal Science Academy*, *Chengdu* 610066, *China*; 2. *College of Life Science and Technology*, *Southwest University for Nationalities*, *Chengdu* 610065, *China*)

*Corresponding authors: GUO Zhiqiang, assistant professor, E-mail: ygzhiq@126.com; GUO Chunhua，professor, E-mail: 53189381@qq.com (责任编辑 菅景颖)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of stem and leaf feed of mulberry on performance and meat quality of meat rabbits. A total of 144 healthy 35-day-old New Zealand rabbits with the similar body weight were randomly divided into four groups, and each group had six replicates with six rabbits in each replicate. Rabbits in four groups were fed experimental diets which supplement with 0 (control group), 8%, 16% and 24% stem and leaf feed of mulberry, respectively. The experiment was 7 days for adaptation and 42 days for trial period. The results showed as follows: the average daily gain in 24% group was significantly lower than that in control group (P<0.05), while the feed/gain in 24% group was significantly higher than that in control group (P<0.05). In addition, a* value at 24 h and pH at 45 min of back muscle and leg muscle were significantly higher than those in control group (P<0.05). The drip loss rate and inosinic acid content of back muscle and leg muscle in 16% and 24% groups were significantly lower and higher than those in control group (P<0.05), respectively. The contents of llinolenic acid in back muscle and leg muscle and palmitic acid in leg muscle in 16% and 24% groups were significantly higher than those in control group (P<0.05). In conclusion, when the supplemental level of stem and leaf feed of mulberry less than 16%, there is no significant influence on the production performance, but can increase the muscle flavor substance content, and then improve the meat quality of meat rabbits.

Key words: stem and leaf feed of mulberry; meat rabbit; performance; meat quality; nutritional composition